

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pengertian *Lean Construction*

*Lean construction* merupakan adopsi dari penerapan *lean principles* yang diterapkan pada industri manufaktur lalu diterapkan kepada industri konstruksi yang memiliki tujuan untuk menghasilkan produk konstruksi dengan maksimum *value* dan minimum *waste*. Dengan adanya usaha untuk menghasilkan produk konstruksi yang maksimum *value* dan minimum *waste* maka efisiensi bisa ditingkatkan sehingga bisa memiliki daya saing yang lebih baik lagi dalam pasar industri konstruksi. Selain itu, *lean construction* juga bisa menjadi jawaban dari masalah limbah yang sering ditemui di dalam industri konstruksi karena penerapan *lean construction* juga berusaha untuk meminimalisir adanya *waste* atau limbah. *Lean construction* mengikuti prinsip – prinsip *lean*.

Menurut Womack & Jones (1997) ada lima prinsip *lean* yang diterapkan dalam industri. Prinsip – prinsip *lean* tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Value*. Nilai harus dideskripsikan dengan sangat spesifik dan dilakukan oleh konsumen akhir.
2. *Value Stream*. Harus didesain sedemikian rupa agar setiap perpindahan nilai dari satu kegiatan ke kegiatan yang lain dapat terdefinisikan dengan baik, mulai dari tahap *problem solving*, kemudian pengelolaan informasi, dan kegiatan transformasi dari material mentah hingga produk akhir
3. *Flow*. Perpindahan nilai harus mengalir dengan baik tanpa hambatan.

4. *Pull*. Produk diproduksi ketika diminta oleh konsumen guna menghindari produk tak terpakai serta mengurangi *waste* yang dihasilkan.

5. *Perfection*. Melakukan perbaikan pada semua proses dengan terus menerus untuk mencapai kesempurnaan.

Dalam konstruksi ramping sendiri terdapat sejumlah alat yang dapat digunakan untuk menghasilkan rangkaian *value* dan *flow* yang baik. Beberapa dari alat yang dapat digunakan antara lain *work structuring* dan *production control*. Beberapa alat lain yang dibutuhkan dalam konstruksi ramping merupakan alat manajemen yang sudah ada sejak lama dan berhasil diterapkan di dunia manufaktur antara lain *supply chain management*, *pre-fabrication*, *pre-assembly*, *standardization*, *constructability*, *just in time* dan lain – lain. (Abduh, 2007)

## 2.2. **Permasalahan Konstruksi**

Dalam dunia industri konstruksi bisa ditemui sejumlah permasalahan yang sering terjadi di lapangan. Terdapat beberapa *typical problems* di dalam industri konstruksi menurut (Mughees Khan, Kashif Ali Shah, Awais Ali Shah, & Ahmad Tariq, 2015) antara lain :

### 1. *Visualisation and communication*

Peralatan yang digunakan sekarang ini lebih fokus kepada dokumentasi dibanding dengan desain bangunan. Arsitek, *Engineers* menggunakan waktu lebih banyak pada pekerjaan yang kurang penting. Mengkomunikasikan rencana desain kepada konsumen dengan akurat untuk mendapat persetujuan

## 2. *Change orders*

Ketidakmampuan untuk memberikan visualisasi hasil akhir pada tahap desain memicu untuk adanya perubahan desain pada tahap konstruksi yang berpengaruh terhadap bertambahnya waktu dan biaya tambahan.

## 3. *Communication within Team*

Komunikasi berkembang mengikuti spesialisasi yang dimiliki seperti arsitektur dengan *architectural design, building technology, community design, environment*, dll. Kemudian, teknik sipil dengan *materials science and engineering, coastal engineering, construction engineering, earthquake engineering*, dll. *Over the wall syndrome*, dengan lebih sedikit koordinasi antara team desain maka dapat menghasilkan hasil kerja yang kurang baik karena tidak adanya koordinasi yang baik. Masalah dalam koordinasi dan kolaborasi antara *stakeholders* bisa menyebabkan ketidakpuasan pada setiap pihak. Gambar 2D juga bisa dapat menyebabkan masalah karena terjadi salah pemahaman mengenai gambar yang diterima.

## 4. *Coordination*

Alar dan alur kerja yang ada sekarang tidak mendukung pekerjaan yang terkoordinasi. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan biaya dan waktu serta menurunkan kualitasnya.

## 5. *Cost uncertainty*

Estimasi kuantitas dengan cara manual merupakan proses yang memakan waktu lama dengan akurasi yang rendah. Sebagian besar proyek melebihi anggaran. Efek pada perubahan desain pada anggaran tidak mudah terlihat.

6. *Health and safety issue*

Praktik yang tidak aman serta ketiadaan prosedur keamanan dan perencanaan pada lokasi proyek bisa menyebabkan korban luka dan kehilangan nyawa.

7. *Less prefabrication, more on site*

Banyak pekerjaan dilakukan *on site* dan lebih sedikit *off site*. Alasan utamanya adalah adanya hal yang tidak dimengerti pada tahap desain, kesalahan pada gambar dan tidak akuratnya pada proses konstruksi. Cara ini juga menggunakan biaya yang lebih tinggi dengan kualitas yang lebih rendah

8. *Poor planning & project delays*

Sejumlah perencanaan yang kurang baik dan penyebab keterlambatan antara lain:

- a. Keuangan dan pembayaran
- b. Tidak akuratnya estimasi waktu
- c. Pembayaran yang terlambat pada supplier dan subkontraktor
- d. *Site management* yang buruk
- e. Bencana alam
- f. Dan lain – lain.

### 9. *Poor site & procurement management*

Dalam banyak proyek konstruksi, 10-15% dari material menjadi limbah. Alasan utamanya adalah masalah tidak sesuainya desain serta *site management*.

### 10. *Poor facility management data*

Fasilitas data yang tidak tepat diberikan pada klien saat serah terima. *Operation & Maintenance manual* secara manual dikirim dan disimpan secara fisik. Data yang dimiliki akan hilang dengan seiring waktu. Data yang sangat susah dia, bil untuk *maintenance* dan renovasi

## 2.3. **Building Information Modeling (BIM)**

Desain dan konstruksi bangunan mengandalkan gambar untuk mewakili pekerjaan yang akan dikerjakan di lapangan. Gambar 2D yang digunakan berisi notasi, informasi dimensi, kode bangunan. Selain gambar yang digunakan untuk pekerjaan di lapangan, ada juga dokumen – dokumen atau arsip lain yang digunakan untuk acuan dalam pelaksanaan proyek konstruksi serta dokumen atau arsip untuk pengelolaan bangunan jika sudah selesai dibangun. Namun dalam perkembangannya, dalam beberapa kesempatan ditemui masalah dikarenakan tidak sinkronnya satu gambar dengan yang lain. Beberapa gambar yang dikerjakan seperti gambar struktur, arsitektur dan MEP biasa dikerjakan oleh beberapa orang yang berbeda. Dalam hal ini koordinasi sangat penting dilakukan untuk meminimalisir kesalahan dalam desain konstruksi. Objek 3D yang memberikan informasi secara detail mengenai spesifikasi konstruksi mulai dibutuhkan guna menghindari kesalahpahaman dalam penerjemahan gambar 2D.

### 2.3.1. Pengertian Building Information Modeling (BIM)

*Building Information Modeling* (BIM) merupakan teknologi pemodelan dengan serangkaian proses yang saling terkait untuk menghasilkan, berkomunikasi, menganalisa dan menggunakan model informasi digital untuk keperluan *life cycle* proyek konstruksi. Menurut *BIM Handbook*, ada tiga definisi BIM yaitu: (1) ”desain dan proses konstruksi yang lebih terintegrasi dibanding dengan cara tradisional yang menghasilkan infrastruktur dengan kualitas yang lebih baik dengan biaya yang lebih rendah serta durasi proyek yang lebih cepat”; (2) ”sebuah model yang menyertakan geometri yang presisi dan data yang diperlukan untuk mendukung proses fabrikasi dan konstruksi itu sendiri” dan (3) “mengakomodasi fungsi yang diperlukan untuk mendukung *life cycle* proyek, menyediakan aspek mendasar untuk desain baru, kemampulaksanaan konstruksi dan hubungan terhadap anggota tim kerja”. (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2008)

Jadi BIM secara sederhana merupakan representasi digital dari karakter fisik dan karakter fungsional suatu bangunan yang mengandung semua elemen – elemen bangunan yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur bangunan sejak konsep hingga demolisi.

BIM memiliki 4 prinsip utama menurut (BIM Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019) yang bisa dijelaskan sebagai berikut :

1. BIM tidak sama dengan *software*, melainkan sebuah metode, sistem, atau pendekatan baru dalam proses perancangan dan pembuatan obyek bangunan/infrastruktur menggunakan representasi 3D dari atribut fisik dan fungsional.

2. BIM tidak sama dengan sekedar membuat model 3D dengan bantuan komputer, melainkan proses pembuatan model dan data secara bersamaan dan dikolaborasikan antar para pelaku konstruksi sejak proses perencanaan, perancangan, fabrikasi, hingga pembangunan dan pemeliharaan.
3. BIM tidak sama dengan proses membuat data set digital. Data tersebut yang akan membentuk model 3D dan informasi yang melekat pada model tersebut dalam sebuah lingkungan kolaborasi yang disebut Common Data Environment (CDE).
4. BIM sama dengan membangun *big data*. Selain berisi *database* BIM model seluruh bangunan/infrastruktur, BIM juga akan memiliki “algoritma tertentu” sehingga dapat digunakan untuk *facility management, programming and budgeting*, dsb.

### 2.3.2. **Maksud dan Tujuan Building Information Modeling**

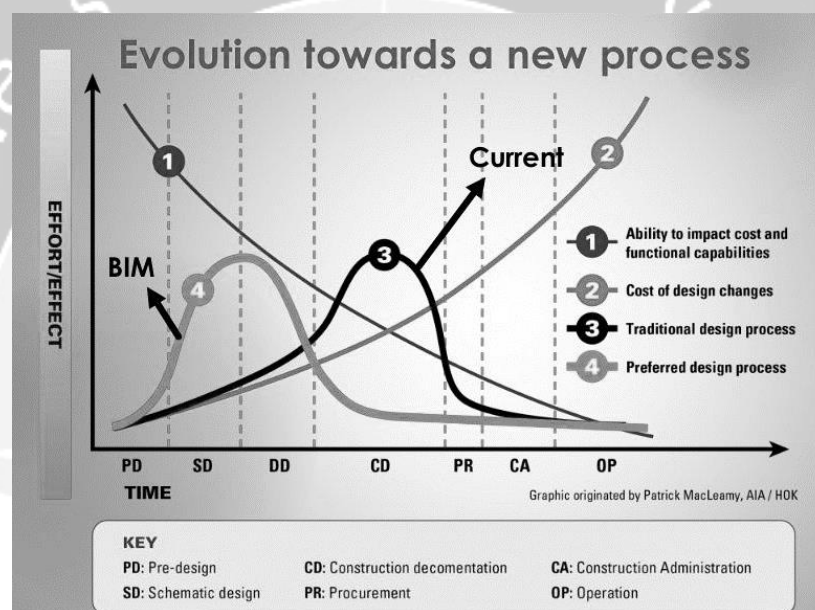
Setelah mengetahui makna dari BIM yang menjelaskan mengenai cara kerja serta informasi apa saja yang diolah di dalamnya. Maka dapat diketahui sejumlah tujuan dari manfaat dari adanya *building information modeling*.

Berikut maksud dan tujuan dari implementasi BIM menurut (BIM Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019):

1. Tujuan implementasi BIM:
  - a. Menciptakan kolaborasi antar *stakeholder* konstruksi.
  - b. Meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses konstruksi.
  - c. Meningkatkan mutu, pengendalian biaya dan manajemen waktu.
  - d. Regulator aktif memberikan *approval*, memonitor dan *supervise* progress konstruksi

## 2. Manfaat implementasi BIM:

- a. Peningkatan efisiensi dan akurasi.
- b. Proses desain dan konstruksi lebih ramping dan transparan.
- c. Akurasi dalam perhitungan.
- d. Menghindari kesalahan mulai perencanaan hingga pelaksanaan.
- e. Waktu pelaksanaan lebih cepat.



Gambar 2.1 “MacLeamy Curve”

### 2.3.3. Dimensi Building Information Modeling (BIM)

Dalam BIM terdapat beberapa aspek yang akan terlibat. Selama ini dalam proyek, data yang terdapat di lapangan berupa data 1D dan 2D. Data 3D yang berisi visual secara 3D pada sebuah pekerjaan tidak selalu diterapkan dalam setiap proyek konstruksi. Dalam BIM terdapat 7 Dimensi yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan konstruksi yang lebih ramping. Ketujuh dimensi tersebut antara lain :



Dimensi	Fungsi
3D	3D <i>building data &amp; informasi</i> <i>Existing model Data</i> Data pre-fabrikasi BIM <i>Reinforcement &amp; struktur analisis</i> <i>Field layout &amp; civil data</i>
4D	<i>Project schedule &amp; phasing</i> <i>Just in time schedule</i> <i>Installation schedule</i> <i>Payment visual approval</i> <i>Last planner schedule</i> <i>Critical point</i>
5D	<i>Conceptual cost planning</i> <i>Quantity extraction to cost estimation</i> <i>Trade verification</i> <i>Value engineering</i> <i>Pre-fabrication</i>
6D	<i>Energy analysis</i> <i>Green building element</i> <i>Green building certification tracking</i> <i>Green building point tracking</i>
7D	<i>Building life cycles</i> <i>BIM as built data</i>

	<i>BIM cost operation &amp; maintenance</i>
	<i>BIM digital lend lease planning</i>

Tabel 2.1 Dimensi BIM (BIM Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019)

#### 2.3.4. Software BIM

*Software* yang digunakan untuk mendukung proses pembuatan *Building Information Modeling* ada banyak. Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa produk yang bisa digunakan dengan beberapa fungsi. Daftar software pada tabel berikut terdiri dari MEP, *structural*, *architectural* dan *site work 3D modeling software*.

Product Name	Manufacturer	Primary Function
Cadpipe HVAC	AEC Design Group	3D HVAC Modeling
Revit Architecture	Autodesk	3D Architectural Modeling and parametric design.
AutoCAD Architecture	Autodesk	3D Architectural Modeling and parametric design.
Revit Structure	Autodesk	3D Structural Modeling and

		parametric design.
Revit MEP	Autodesk	3D Detailed MEP Modeling
AutoCAD MEP	Autodesk	3D MEP Modeling
AutoCAD Civil 3D	Autodesk	Site Development
Cadpipe Commercial Pipe	AEC Design Group	3D Pipe Modeling
DProfiler	Beck Technology	3D conceptual modeling with real-time cost estimating.
Bentley BIM Suite (MicroStation, Bentley Architecture, Structural, Mechanical, Electrical, Generative Design)	Bentley Systems	3D Architectural, Structural, Mechanical, Electrical, and Generative Components Modeling
Fastrak	CSC (UK)	3D Structural Modeling
SDS/2	Design Data	3D Detailed Structural Modeling

Fabrication for AutoCAD MEP	East Coast CAD/CAM	3D Detailed MEP Modeling
Digital Project	Gehry Technologies	CATIA based BIM System for Architectural, Design, Engineering, and Construction Modeling
Digital Project MEP Systems Routing	Gehry Technologies	MEP Design
ArchiCAD	Graphisoft	3D Architectural Modeling
MEP Modeler	Graphisoft	3D MEP Modeling
HydraCAD	Hydratec	3D Fire Sprinkler Design and Modeling
AutoSPRINK VR	M.E.P. CAD	3D Fire Sprinkler Design and Modeling
FireCad	Mc4 Software	Fire Piping Network Design and Modeling

CAD-Duct	Micro Application	3D Detailed MEP Modeling
Vectorworks Designer	Nemetschek	3D Architectural Modeling
Duct Designer 3D, Pipe Designer 3D	QuickPen International	3D Detailed MEP Modeling
RISA	RISA Technologies	Full suite of 2D and 3D Structural Design Applications
Tekla Structures	Tekla	3D Detailed Structural Modeling
Affinity	Trelligence	3D Model Application for early concept design
Vico Office	Vico Software	5D Modeling which can be used to generate cost and schedule data
PowerCivil	Bentley Systems	Site Development
Site Design, Site Planning	Eagle Point	Site Development

Tabel 2.2 BIM Authoring Tools (Reinhardt, 2009)

Terdapat sejumlah *software* BIM yang digunakan untuk menggambar dan fabrikasi yang tersedia untuk keperluan struktural dan MEP. Software tersebut antara lain :

Product Name	Manufacturer	Primary Function
Cadpipe Commercial Pipe	AEC Design Group	3D Pipe Modeling
Revit MEP	Autodesk	3D Detailed MEP Modeling
SDS/2	Design Data	3D Detailed Structural Modeling
Fabrication for AutoCAD MEP	East Coast CAD/CAM	3D Detailed MEP Modeling
CAD-Duct	Micro Application Packages	3D Detailed MEP Modeling
Duct Designer 3D, Pipe Designer 3D	QuickPen International	3D Detailed MEP Modeling
Tekla Structures	Tekla	3D Detailed Structural Modeling

Tabel 2.3 BIM Tools for Shop drawing and Fabrication (Reinhardt, 2009)

Manajemen konstruksi dan *scheduling* juga bisa didukung dengan sejumlah *software* BIM antara lain :

Product Name	Manufacturer	BIM Use
Navisworks Manage	Autodesk	Clash Detection
Navisworks Scheduling		Scheduling
ProjectWise	Bentley	Clash Detection Scheduling
Digital Project Designer	Gehry Technologies	Model Coordination
Visual Simulation	Innovaya	Scheduling
Solibri Model Checker	Solibri	Spatial Coordination
Synchro	Synchro Ltd.	Planning & Scheduling
Tekla Structures	Tekla	Structure-centric Model Schedule driven link
Vico Office	Vico Software	Coordinate Scheduling Estimating

Tabel 2.4 BIM Construction Management and Scheduling Tools(Reinhardt, 2009)

### **2.3.5. Penerapan BIM di Indonesia**

BIM sudah diteliti oleh negara – negara di ASEAN untuk mengetahui dampak dari penerapan BIM dalam pekerjaan konstruksi. Namun perkembangan BIM di ASEAN tidak begitu cepat karena penelitian yang dilakukan belum terlalu banyak. Penelitian BIM di kawasan ASEAN belum matang. Penerapan BIM di ASEAN didominasi oleh Singapura. Di dalam kurun waktu 2016 – 2018 Singapura telah mengeluarkan 40 tinjauan BIM sedangkan di Indonesia hanya 1. (Hatmoko, Fundra, Wibowo, & Zhabrinna, 2018b)

BIM di Indonesia sudah diterapkan sejak lama. Di Indonesia sendiri ada sekitar 60% perusahaan sudah menggunakan BIM secara penuh atau sebagian dalam beroperasinya perusahaan konstruksi tersebut (Hatmoko, Fundra, Wibowo, & Zhabrinna, 2018). Sejumlah BUMN dan swasta telah menerapkan BIM dalam proyek – proyek yang mereka kerjakan. Beberapa BUMN yang sudah menerapkan BIM dalam proyeknya antara lain ADHI KARYA, WASKITA KARYA, PT. PP , ABIPRAYA dan NINDYA KARYA. Beberapa proyek yang telah menerapkan BIM dalam proses konstruksinya antara lain :

1. Kawasan Strategis Pariwisata Nasional di Morotai
2. Renovasi dan pengembangan Stadion Manahan Solo (ADHI KARYA)
3. Pasar Atas Bukittinggi (ABIPRAYA)
4. Tembang Gold Plant, Sumatera Utara
5. Ngurah Rai International Airport, Bali
6. Garuda Wisnu Kencana, Bali



## 7. Kendari Bay Bridge, Sulawesi Tenggara

### 2.4. Hasil Penelitian Lain

Penelitian BIM sudah memiliki beberapa referensi yang telah dilaksanakan oleh mahasiswa Universitas Atma Jaya sendiri. Ada dua penelitian dari Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang digunakan peneliti sebagai acuan pembandingan untuk penelitian ini. Ketiga penelitian tersebut antara lain “Praktik *Building Information Modeling* Pada Tahapan Proyek” oleh Sarah Emelia Br. Purba (2017), “Adopsi *Building Information Modeling* Oleh Sebuah Kontraktor Di Indonesia” oleh Arnoldus Kristanto (2018) dan penelitian dari Universitas Diponegoro dengan judul “*Investigating Building Information Modelling (BIM) Adoption In Indonesia Construction Industry*” oleh Hatmoko dkk.,(2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Sarah Emelia Br. Purba (2017) dilakukan dengan cara menyebar kuesioner ke proyek – proyek konstruksi yang menerapkan BIM di pulau Jawa dan Sumatera. Tidak diketahui nama perusahaan dan proyek mana saja yang mendapatkan kuesioner. Hasil dari penelitian tersebut ditemukan bahwa BIM sering dimanfaatkan oleh pekerja konstruksi untuk menyelesaikan perhitungan volume proyek karena perhitungan dengan BIM tidak jauh berbeda dengan hitungan yang dilakukan saat proyek dilakukan. Sedangkan untuk tahap pasca kualifikasi, pekerja konstruksi memilih cara manual untuk memenangkan proyek seperti dengan memakai slide untuk presentasi proyek dan *hardcopy* untuk menunjukkan hasil dari perancangan yang telah dilakukan. Dalam tahap perencanaan, perencanaan dan pelelangan responden telah memanfaatkan software untuk BIM dalam pekerjaannya. Software yang dimanfaatkan oleh responden

antara lain *Autocad Civil 3D*, *Autocad Architecture*, *Revit Architecture* dan *Tekla Structure*.

Penelitian yang dilakukan oleh Arnoldus Kristanto (2018) dilakukan dengan melakukan wawancara sejumlah responden dari PT. PP (Persero) Tbk. Dari proses penelitian didapatkan pola kerja BIM di dalam PT. PP (Persero). Tbk yang dikelola oleh divisi Stratek. Pengaplikasian BIM dalam proyek yang dilaksanakan oleh PT. PP (Persero). Tbk juga mendapatkan peningkatan produktivitas dan kualitas desain dengan meminimalisir rework. PT. PP (Persero). Tbk saat ini telah melakukan kerja sama dengan Balitbang PUPR untuk menyusun standarisasi BIM yang akan berlaku di Indonesia. Namun, dalam proses pengaplikasiannya masih ditemukan sejumlah masalah antara lain adanya resistensi dari manusianya sendiri untuk mempelajari BIM dan dari sisi owner yang menginginkan BIM tanpa mengetahui maksud dari BIM itu sendiri. Untuk mengatasi kebutuhan SDM yang berkualitas, PT. PP (Persero). Tbk rutin mengadakan pelatihan BIM yang bekerja sama dengan vendor BIM.

Penelitian yang dilakukan oleh Hatmoko dkk.,(2018) menghasilkan sejumlah informasi mengenai kondisi penerapan BIM di *industri* konstruksi baik dari sisi owner maupun kontraktor. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan bahwa 12 dari 20 perusahaan telah menerapkan sebagian atau sepenuhnya prinsip BIM dalam perusahaanya. Beberapa alasan untuk menerapkan BIM dalam perusahaan mereka antara lain software yang terintegrasi, kepastian dalam perencanaan, proses yang lebih cepat dan kolaborasi, deteksi kesalahan desain dan simulasi proyek yang jelas. Namun meski telah diketahui sejumlah manfaat dalam

penggunaan BIM untuk perusahaannya, masih ada sejumlah perusahaan yang belum menerapkan BIM. Alasan mereka belum menerapkan BIM karena tingginya investasi untuk menerapkan BIM. Investasi yang tinggi ini bersumber dari kebutuhan untuk mengadakan pelatihan – pelatihan bagi karyawannya, tidak adanya permintaan dari klien dan pengoperasian software BIM dianggap susah. Meski ditemui sejumlah alasan yang membuat sejumlah perusahaan belum menerapkan BIM untuk saat ini, 75% dari responden berencana untuk menerapkan BIM dalam 2-3 tahun kedepan untuk mendapatkan keuntungannya sementara 12% lainnya segera menerapkan BIM dalam waktu 1 tahun.

